

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2003年 3月19日

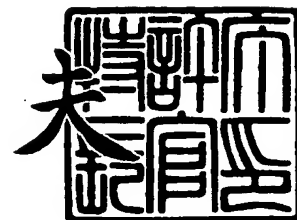
出願番号
Application Number: 特願2003-076245
[ST. 10/C]: [JP2003-076245]

出願人
Applicant(s): セイコーエプソン株式会社

2004年 1月26日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井 康



出証番号 出証特2004-3002898

【書類名】 特許願

【整理番号】 J0099112

【提出日】 平成15年 3月19日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H03H 9/02
H03H 9/19

【発明者】

【住所又は居所】 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

【氏名】 田中 雅子

【特許出願人】

【識別番号】 000002369

【氏名又は名称】 セイコーエプソン株式会社

【代理人】

【識別番号】 100095728

【弁理士】

【氏名又は名称】 上柳 雅誉

【連絡先】 0 2 6 6 - 5 2 - 3 5 2 8

【選任した代理人】

【識別番号】 100107076

【弁理士】

【氏名又は名称】 藤網 英吉

【選任した代理人】

【識別番号】 100107261

【弁理士】

【氏名又は名称】 須澤 修

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013044

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0109826

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 圧電振動片、圧電振動子および圧電デバイス

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 水晶の電気軸を X 軸、機械軸を Y 軸、光学軸を Z 軸とし、Z 軸の回りに時計方向に X 軸を 3 度以上 30 度以下回転させて設定した X' 軸に平行な辺を有し、前記 X' 軸の回りに時計方向に前記 Z 軸を 33 度以上 36 度以下回転させた Z' 軸に平行な辺を有する水晶板からなることを特徴とする圧電振動片において、その厚み方向である Y 軸の回りに時計方向に -35 度以上 -2 度以下回転させた X'' 軸と Z'' 軸のそれぞれに平行な辺を有する水晶板からなることを特徴とする圧電振動片。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の圧電振動片において、Z 軸の回りに回転する角度を ϕ 度、X' 軸の回りに回転する角度を θ 度、Y' 軸の回りに回転する角度を Ω 度と定義した時に、

【数 1】

$$\begin{aligned}\Omega^{\circ} = & (-0.0037 \times \phi^3 + 0.1106 \times \phi^2 \\ & - 1.161 \times \phi + 0.239 \pm 3)^{\circ} \\ & (\text{但し、} 3.0 \leq \phi \leq 30)\end{aligned}$$

であることを特徴とする圧電振動片。

【請求項 3】 請求項 1 または、請求項 2 に記載の圧電振動片からなることを特徴とする圧電振動子。

【請求項 4】 請求項 3 に記載の圧電振動子を備えていることを特徴とする圧電デバイス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、圧電効果を利用した振動片に係り、特に、いわゆる新しいカット水晶板を用いた圧電振動片、圧電振動子および圧電デバイスに関する。

【0002】

【従来の技術】

近年の各種機器における電子化、通信システムの発達に伴って圧電発振器をはじめとする圧電デバイスが多用されている。特に、圧電材料としての水晶は、高い周波数が得られるとともに、安定した周波数特性を有するところから圧電デバイスに広く採用されている。そして、ATカット水晶板（以下、単にATカット板と称する）は、広範囲な温度領域において安定した周波数特性を有する圧電振動子が得られるところから、古くから圧電デバイスに用いられている。このATカット板は、一片がX軸に平行であって、XZ面をX軸回りに35.25度時計方向（X軸の-X方向から+X方向を見た場合を基準）に回転させたカット角で切り出したものである。

【0003】

しかし、近年、発振器などの実装の高集積化に伴い動作温度が高くなり、振動子の動作温度も高く設定する必要があるが出てきた。そのため、従来のATカット振動子に代わりカット角を2軸の回りに回転するダブルローテーションの振動子が考案された。

【0004】

水晶の結晶軸（電気軸、機械軸、光学軸）のうち、2軸に対して回転させたカット角によって切り出した水晶板（ダブルローテーション基板）を用いると、周波数温度特性の中心温度が高温側にシフトすることは理論的に証明されている。そして、-25℃～+100℃の温度範囲において周波数が安定したカット角も存在することになる（例えば、特許文献1参照）。

【0005】

このようにダブルローテーション基板は、安定な周波数温度特性を得ることができるが、それと同時に主振動に対するスプリアス振動の発生が多く、スプリアスと主振動の機械的振動結合による周波数ジャンプ、或いは、抵抗値の上昇が多く発生する。スプリアス振動の多くは、ブランクの長辺又は、短辺のそれぞれに依存する輪郭振動又は、その複合モードである。従って、ブランクを設計する時にはスプリアス振動が主振動周波数の近くに存在しないよう、その形状の決定を

慎重にしなければならない。

【0006】

【特許文献1】

特許第3218537号公報

【特許文献2】

特開2003-037462号公報

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

ダブルローテーションの振動子の温度特性は、例えばZ軸の回りに10度回転した後、X軸の回りに34.9度回転した振動子の-25℃から+100℃までの周波数温度特性を取ると図3に示すようになる。図中、点線で示したのが従来のATカット振動子の周波数温度特性であるが、ダブルローテーション振動子はATカット振動子と比較して高温領域で安定な周波数温度特性を示すことがわかる。このダブルローテーション振動子は周波数温度特性がATカットでは約25℃付近に接線の傾き0の点があるのに対して、（以後、この点における温度を中心温度と称する。）その中心温度が回転角 ϕ に依存して25℃から100℃以上まで変化する性質がある。

【0008】

以上で示したダブルローテーション振動子の特性は有用であるが、一方、従来のATカット振動子に対して他の振動モードを持つスプリアス振動（不要振動）の発生が多い。例えば、ブランクの長辺、短辺に依存する輪郭振動などはブランク形状のずれにより周波数が変化するため、それが主振動に近づきすぎた時には双方の振動が機械的に結合して、主振動の周波数ジャンプや抵抗上昇を引き起こす。同様に動作温度とされる-25℃から100℃までの温度領域においても特定温度でスプリアスが主振動の近くに発生し、主振動の周波数がずれたり抵抗値が増したりする現象が起きる。ATカット振動子でも同様の現象が観測されるが、特にダブルローテーションの場合は発生頻度が多い。

発明者らは、その原因について有限要素法という解析方法を用いて原因を調べた。

。

【0 0 0 9】

その結果、主振動である厚みすべり振動の変位方向に原因があることが判明した。従来の A T カット振動子は変位方向が X 方向のみの厚みすべり振動であるのに対し、ダブルローテーション振動子の変位方向は X、Y、Z すべての成分を持っている。スプリアス振動により周波数がずれたり、抵抗値が増したりする現象は、主振動とスプリアスが同じ変位成分を持っていて振動の結合(共振)を起こす事による。即ち、A T カット振動子の主振動は X 方向の変位成分を持つものだけと結合をするが、ダブルローテーション振動子は 3 方向の変位成分を持つために大多数のスプリアス振動と結合を起こす可能性が出てくる。

【0 0 1 0】

【課題を解決するための手段】

発明者らは、ダブルローテーションカットにおける水晶ブランクの表面、即ち X' 軸と Z' 軸とによって構成される平面における変位ベクトルを計算し、その変位ベクトル方向に X'' 軸が沿うように Y' 軸の回りに時計方向に面内回転をかけた。新しい矩形ブランクの両辺は、このようにできた新しい X'' 軸と Z'' 軸にそれぞれ平行であるように切断された。

【0 0 1 1】

すなわち本発明は、水晶の電気軸を X 軸、機械軸を Y 軸、光学軸を Z 軸とし、Z 軸の回りに時計方向に X 軸を 3 度以上 3 0 度以下回転させて設定した X' 軸に平行な辺を有し、前記 X' 軸の回りに時計方向に前記 Z 軸を 3 3 度以上 3 6 度以下回転させた Z' 軸に平行な辺を有する水晶板からなることを特徴とする圧電振動片において、その厚み方向である Y 軸の回りに時計方向に - 3 5 度以上 - 2 度以下回転させた X'' 軸と Z'' 軸のそれぞれに平行な辺を有する水晶板からなることを特徴とする圧電振動片である。

【0 0 1 2】

本発明による圧電振動片は、主振動周波数が様々な形状に対して安定で、スプリアス振動が主振動に近づいてもあまり変化する事が少なく周波数ジャンプや抵抗上昇の起こる確率が低かった。

【0 0 1 3】

なお、この発明において「軸の回りに時計方向」とは、その軸のマイナス側からプラス側を見たときを基準にしている。従って、例えば「Z 軸の回りに時計方向に」とは、「- Z 方向から + Z 方向に見て時計方向に」ということである。

【0 0 1 4】

そして、本発明に係る圧電振動子は、上記のいずれかの圧電振動片からなることを特徴としている。これにより、ブランクの長辺、短辺の加工ずれに対する周波数の安定度を図る事ができる上、 -25°C ～ $+100^{\circ}\text{C}$ の広い温度範囲においても周波数の安定した圧電振動子が得られる。

【0 0 1 5】

また、本発明に係る圧電デバイスは、上記の圧電振動子を備えていることを特徴とする。これにより量産工程における加工誤差に対する許容度がまし、安定した周波数が得られる。結果として自動車用部品などのように使用される温度範囲が広い場合であっても、温度補償回路を必要とすることなく周波数を安定させることができ、部品点数や工数の増加を避けることによりコストの低減が図れる。

【0 0 1 6】

【発明の実施の形態】

本発明に係る圧電振動片および圧電振動子並びに圧電デバイスの好ましい実施の形態を、添付図面に従って詳細に説明する。

【0 0 1 7】

図 1 と図 2 は、本発明に係る圧電振動片である水晶振動片を得るための水晶のカット角を説明する図である。図 1 において、水晶結晶 1 0 の直交する 3 軸、すなわち電気軸を X 軸、これに直交した機械軸を Y 軸、X 軸と Y 軸とに直交した光学軸を Z 軸とする。本発明にて定義したダブルローテーションカット角水晶板（水晶基板）1 1 のカット角は、まず、Z 軸の回りに X 軸を時計方向に ϕ だけ回転させた X' 軸を設定し、この X' 軸に平行な辺を有する。さらに、水晶板 1 1 は、X' 軸の回りに、Z 軸を時計方向に θ だけ回転させた Z' 軸に平行な辺を有している。

【0 0 1 8】

本発明にかかる水晶片 1 2 は前記水晶版 1 1 を図 2 に示すように Y' 軸の回り

に角度 Ω だけ回転させてできた X'' 、 Z'' 軸にそれぞれ平行な辺を有する水晶片である。本図において Y' 軸の+方向は紙面裏から表に向かう方向である。

【0 0 1 9】

発明者らは、水晶結晶 1 0 の X 軸、 Z 軸、 Y' 軸とのそれぞれの回りに回転させたカット角について種々検討した結果、本カット角振動子は従来のダブルローテーション振動子と比較して様々な形状においてスプリアス振動による周波数ジャンプや抵抗上昇が少なく、温度特性も安定していることを見出した。

【0 0 2 0】

図 4 に示すようにダブルローテーションカット水晶片 1 1 上における主振動の変位方向を計算から導き出すと、主振動の変位方向は図中矢印のように X'' 軸の長辺方向と平行ではなくずれ角 γ を持つ。図 5 は Z 軸回りの回転角 ϕ を変えたときのダブルローテーションカット水晶片 1 1 上における主振動の変位方向を計算から導き出したものである。横軸が Z 軸回りの回転角 ϕ 、縦軸が変位方向のずれ γ を+ Y' 軸に対して時計方向を+と定義して表したものである。図から明らかに、回転角 ϕ が大きくなるほど、 X' 軸と変位方向とのずれ γ が一方向に大きくなることがわかった。

【0 0 2 1】

そこで、ブランクの長辺方向と主振動の変位方向とを平行にするため γ 分だけ、 X' 軸と Z' 軸で形成される平面内で Y' 軸の回りに回転させることにする。この回転角が Ω である。例えば、変位方向が長辺方向に平行な場合と平行でない場合で、スプリアス振動による主振動周波数のずれがどの程度か、又、抵抗値の上昇はどの程度かを計算した。ここで、 X'' 軸に平行な辺を長辺とし、 Z'' 軸に平行な辺を短辺とした。図 6 から図 8 に示したのが、その結果である。図の横軸はブランクの短辺の長さを水晶の厚みで除した Z 辺比、縦軸は周波数を示す。ここでは、 ϕ は 2 0 度、ブランクの長辺は一定長さ 2 . 0 mmとした。図中、白い点で表されたのが主振動の周波数位置、黒い点群で表されたのがスプリアス振動の周波数位置である。点の大きさは、それぞれの振動の強度に対応し、大きい点ほど振動強度が大きい。例えば、図 6 中に線で示したのはあるスプリアス振動に注目してその動きを示しているが、ブランクの Z 辺比が大きくなるにつれてスプ

リアス位置は低周波側にずれる。それに対して主振動はZ辺比によらずほぼ一定であるが、スプリアス振動が近づくと振動結合により周波数が大きくずれることがわかる。同時に、スプリアス振動の点が大きくなることから振動強度が主振動に対して大きくなることが推測できる。この時、主振動の振動強度は振動エネルギーをスプリアス振動に奪われ小さくなる。即ち、主振動の抵抗値が上昇する。それでは、各図を比較してみる。図6は変位方向をブラנקの長辺方向と平行にした場合でY'軸回りの回転角 Ω は-8度、図7は Ω が0、即ち、ダブルローテーションカット角で長辺方向が変位方向から8度ずれた場合、図8は Ω が8度で長辺方向が変位方向から16度ずれた場合である。3つの図を比較してわかったことは、変位方向と長辺方向が平行な図6では周波数のずれも小さくスプリアス振動の強度も、それほど大きくない。しかし、図7、図8で見ると変位方向と長辺方向が、平行からずれるに従って周波数の変動幅が増しスプリアス振動全体の振動強度が増している。

【0022】

以上の事を計算上で確認した後、本発明に関わる水晶片を用いた振動子の試作を行った。試作条件は、 ϕ が20度、 θ が34.0度のダブルローテーションカット角水晶振動片をY'軸回りにそれぞれ Ω -8度、0度、8度に回転させて作った。ブラנקの長辺と短辺は面内回転後のX''軸、Z''軸にそれぞれ平行とした。本試作では長辺は一定とし、短辺をZ辺比にして15.0から17.0まで変化させ各振動片の主振動周波数を測定した。

【0023】

図9、図10、図11は上記測定結果を周波数の度数分布で表したものである。主振動の変位方向が長辺方向と平行である図9は変位方向と長辺方向とのずれが8度ある図10や、ずれが16度ある図11に比較して周波数のばらつきが小さく、ずれが大きくなるほどばらつき幅も大きくなっている。これは、平行から大きく離れるほど様々な形状でのスプリアス振動との振動結合が多く起こり主振動周波数がジャンプしたためと考えられる。以上の結果から、長辺方向と変位方向を平行にすることで振動片の形状によらず、安定した周波数が得られることがわかった。

【0024】

ここで、本発明振動片の周波数温度特性を測定した。図12にその結果を示す。図3で示されたダブルローテーション振動子の周波数温度特性と同様の広い温度領域で安定な主振動周波数を得ることができ、Y' 軸回りの回転による温度特性への影響はほぼないものと確認できた。

【0025】

以上の結果から、ダブルローテーションカット角振動子においては主振動の変位が長辺方向とは平行でないために、近くに存在するスプリアス振動と結合し易く、その結果周波数ジャンプや抵抗値の増加が起こり易い。それを回避するにはダブルローテーションのカット角において Ω を -35 度から -2 度の範囲内における面内回転することが望ましい。但し、 ϕ が 3 度以下（但し、 3 度は含まない。）では変位方向と長辺方向がほぼ平行であるため、Y' 軸回りの面内回転をする必要性はない。更に、 ϕ が 30 度以上（但し、 30 度は含まない。）の場合は、温度特性曲線の中心温度が高温になりすぎるため実用的ではない。従って、 ϕ の領域は 3 度以上 30 度以下が望ましい。この ϕ の領域で、温度特性曲線が中心温度付近で接線の傾きが 0 となる θ の範囲は、 33 度以上 36 度以下となる。以上を数式で表すと

【0026】

【数2】

$$-35 \leq \Omega \leq -2$$

$$\text{但し、} 3.0 \leq \phi \leq 30$$

$$33.0 \leq \theta \leq 36.0$$

【0027】

特に図5で示された

【0028】

【数 3】

$$\Omega^{\circ} = (-0.0037 \times \phi^3 + 0.1106 \times \phi^2 - 1.161 \times \phi + 0.239)^{\circ}$$

の関数を満たす ϕ と Ω の関係が最適条件と考えられるが、ダブルローテーションカット振動子の周波数温度特性の良好な領域は、辺比、電極によるプレートバック量で多少異なる。それにより、 Ω の最適領域もずれるため、実際には数式 3 より導き出した Ω の値 ± 3 度の幅が最適領域となる。これを式に表すと

【0029】

【数 4】

$$\Omega^{\circ} = (-0.0037 \times \phi^3 + 0.1106 \times \phi^2 - 1.161 \times \phi + 0.239 \pm 3)^{\circ}$$

$$(但し、3.0 \leq \phi \leq 30)$$

【0030】

上記の条件で得たカット角によって切り出された水晶板 12 からなる圧電振動片（水晶振動片）は、パッケージ内に封入することにより、圧電振動子として使用することができる。図 13 は、圧電振動子の説明図である。そして、同図（1）は同図（2）の B-B 線における平面断面図であり、同図（2）は A-A 線における側面断面図である。

【0031】

図 13 において、圧電振動子 20 は、パッケージ 22 がセラミック材料等の絶縁材により形成してある。そして、パッケージ 22 は、圧電振動片 24 を収納するキャビティ 26 を形成している。また、パッケージ 22 は、キャビティ 26 の底面に電極 30 および配線パターン（図示せず）を形成して、パッケージ 22 の裏面に形成した外部端子（図示せず）との導通を可能とする。そして、圧電振動片 24 を片持ち状態でキャビティ 26 内に実装される。具体的には、電極 30 の

上に導電性接着剤 32 を塗布し、その上に圧電振動片 24 の接続電極 34 を配置して固定する。これにより、パッケージ 22 の底面の外部端子から、圧電振動片 24 の励振電極 36 に通電可能となる。なお、パッケージ 22 の上部には蓋部材 38 を装着して、パッケージ 22 の内部を窒素雰囲気等に保持する。

【0032】

また、本実施形態に係る圧電振動片は、集積回路素子と組み合わせて発振回路を形成することにより、圧電発振器として使用することができる。例えば、図 13 に示す圧電振動子 20 と図示しない集積回路素子とを、配線パターンを形成したモジュール基板上に実装することにより、圧電発振器モジュールを形成することができる。また、図 13 に示すパッケージ 22 の内部に、圧電振動片 24 とともに集積回路素子を封入することにより、圧電発振器パッケージを形成することができる。

【0033】

なお、本発明に係る圧電振動片は、平板状であってもよいし、コンベックス状、または圧電振動片の中央部が凹部となった逆メサ形であってもよい。

【0034】

【発明の効果】

以上に説明したように、本発明によるカット角を採用することにより、様々な水晶片の形状に関わらず主振動周波数を安定させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の実施形態の基となるダブルローテーションカット角の説明図である。

【図 2】 本発明の実施形態に係るカット角の説明図である。

【図 3】 ダブルローテーション振動子 ($\phi = 10^\circ$ 、 $\theta = 34.9^\circ$) の周波数温度特性。

【図 4】 ダブルローテーション振動子平面上の主振動の変位方向を表した図である。

【図 5】 Z 軸回りの回転角 ϕ と変位の長辺方向からのずれ γ の関係を表した図である。

【図 6】 変位方向が長辺方向と平行な場合の Z 辺比と周波数との関係を表す。

【図 7】 変位方向が長辺方向と 8 度ずれた場合の Z 辺比と周波数との関係を表す。

【図 8】 変位方向が長辺方向と 16 度ずれた場合の Z 辺比と周波数との関係を表す。

【図 9】 変位方向が長辺方向と平行にした場合の各形状における主振動周波数のばらつきを度数分布で表したものである。

【図 10】 変位方向が長辺方向と 8 度ずれた場合の各形状における主振動周波数のばらつきを度数分布で表したものである。

【図 11】 変位方向が長辺方向と 16 度ずれた場合の各形状における主振動周波数のばらつきを度数分布で表したものである。

【図 12】 本発明の水晶振動紙片の $\phi = 10^\circ$ 、 $\Omega = -8.0^\circ$ 、 $\theta = 34.85^\circ$ の時の周波数温度特性を表す図である。

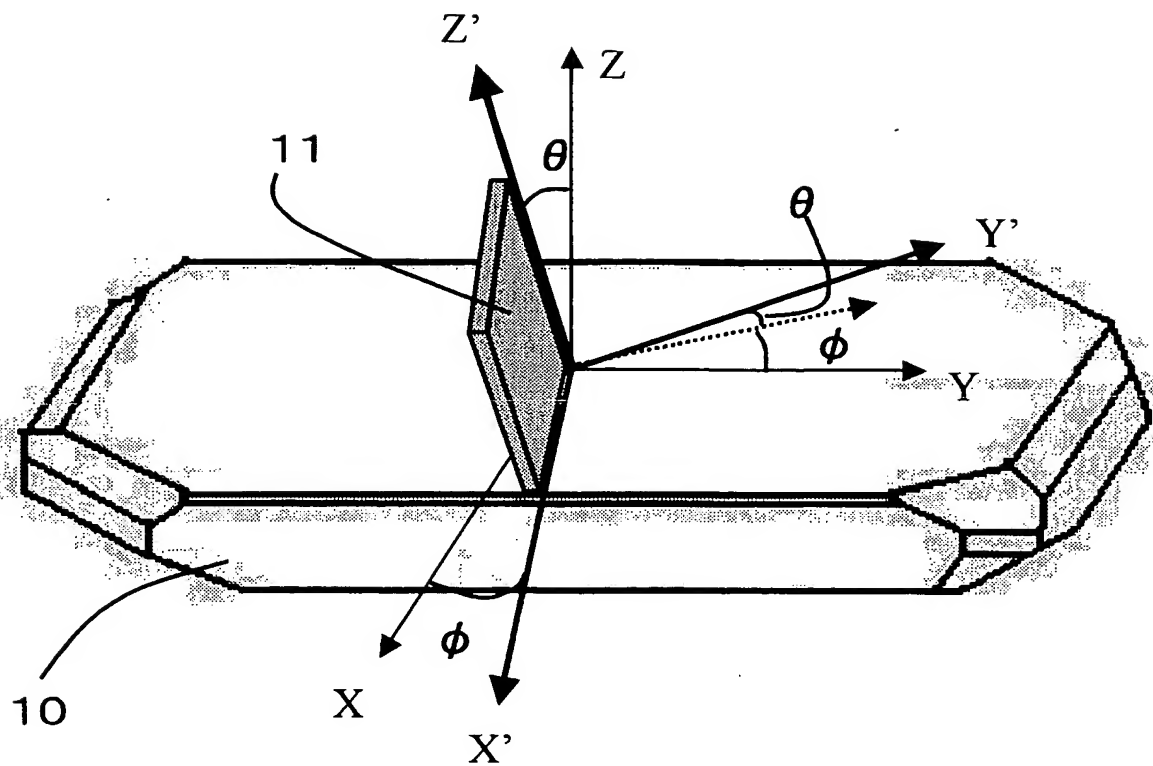
【図 13】 実施の形態に係る圧電振動子の説明図であって、(1) は (2) の B-B 線に沿った断面図、(2) は (1) の A-A 線に沿った断面図である。

【符号の説明】

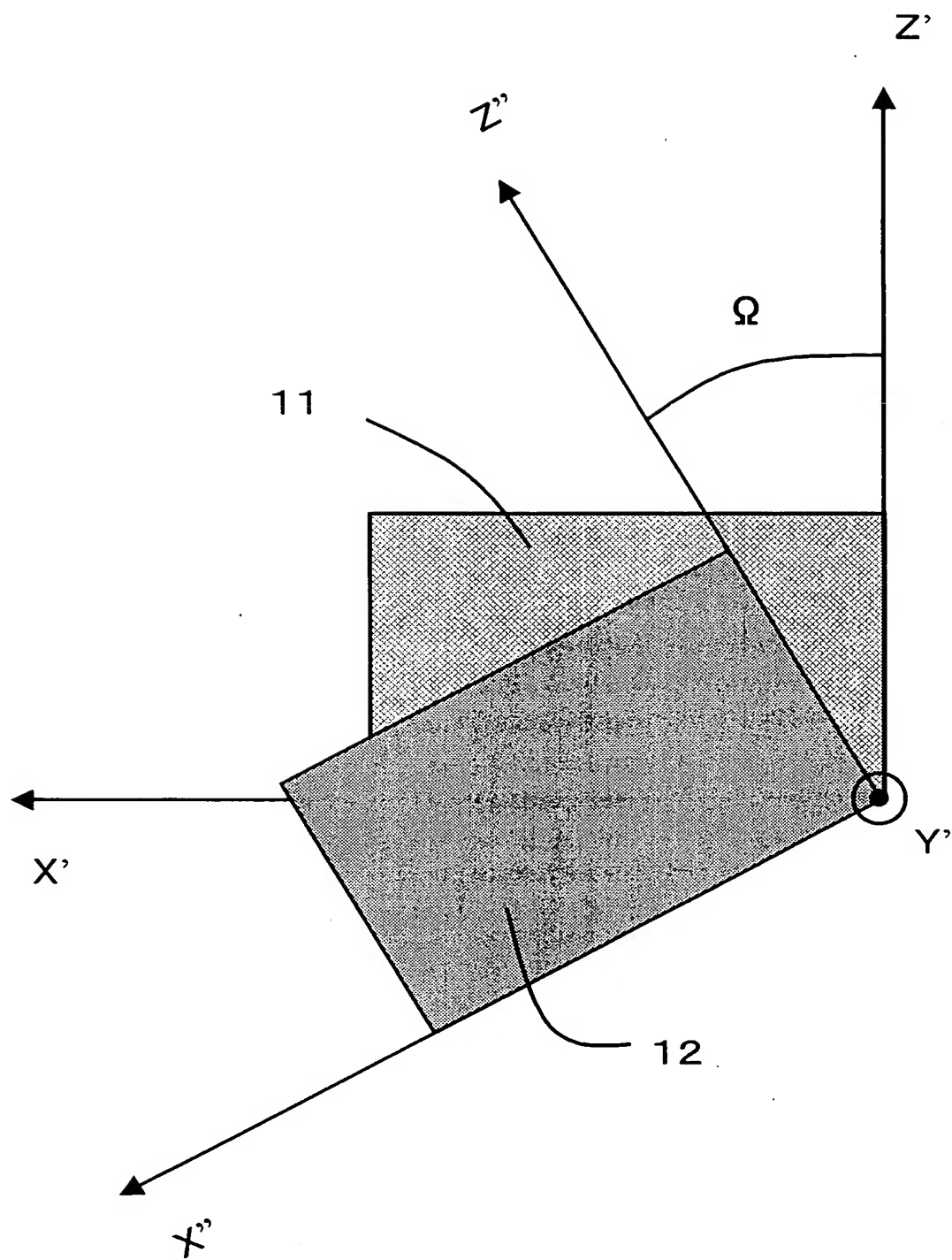
- 10 水晶結晶
- 11 ダブルローテーションカット角水晶板
- 12 本発明による水晶板
- 20 圧電振動子
- 22 パッケージ
- 24 圧電振動片
- 30 電極
- 36 励振電極

【書類名】 図面

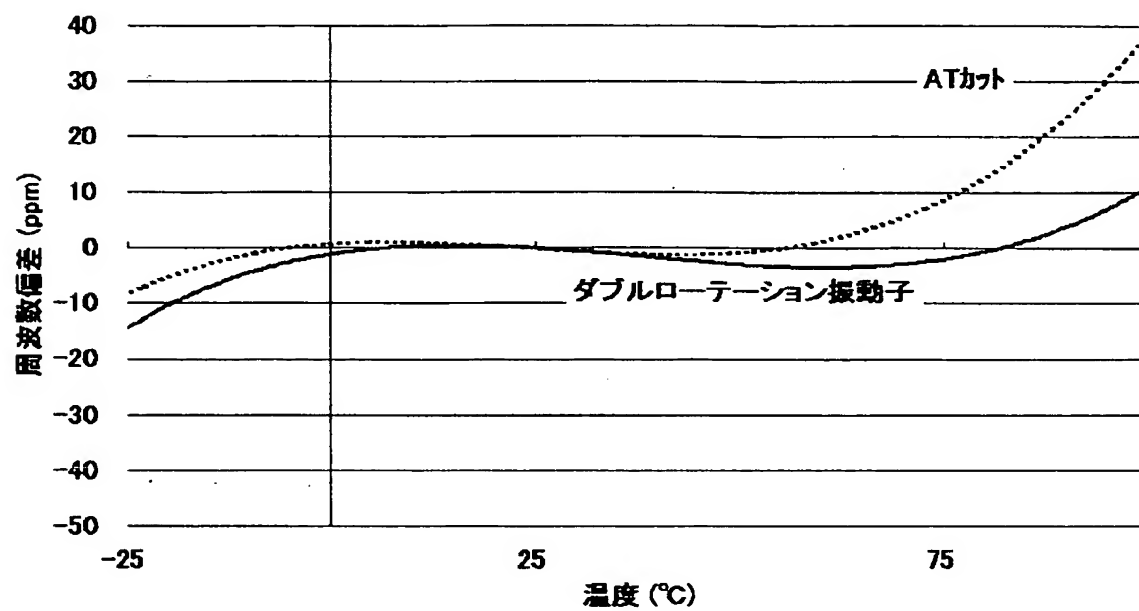
【図 1】



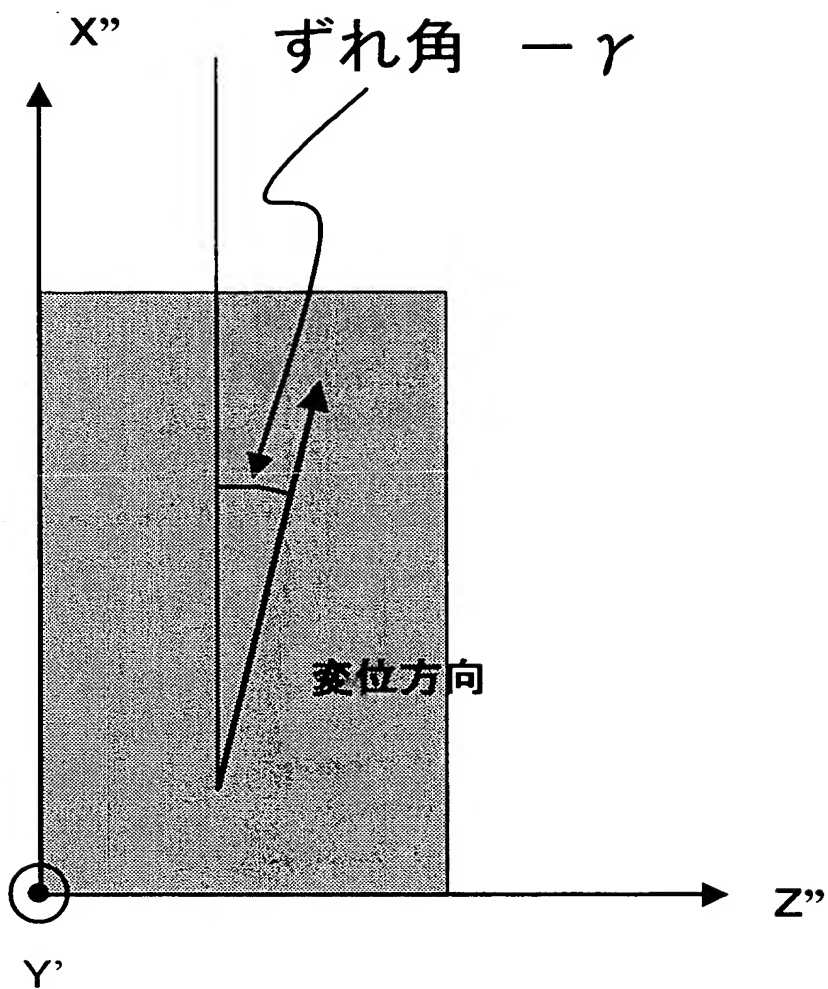
【図 2】



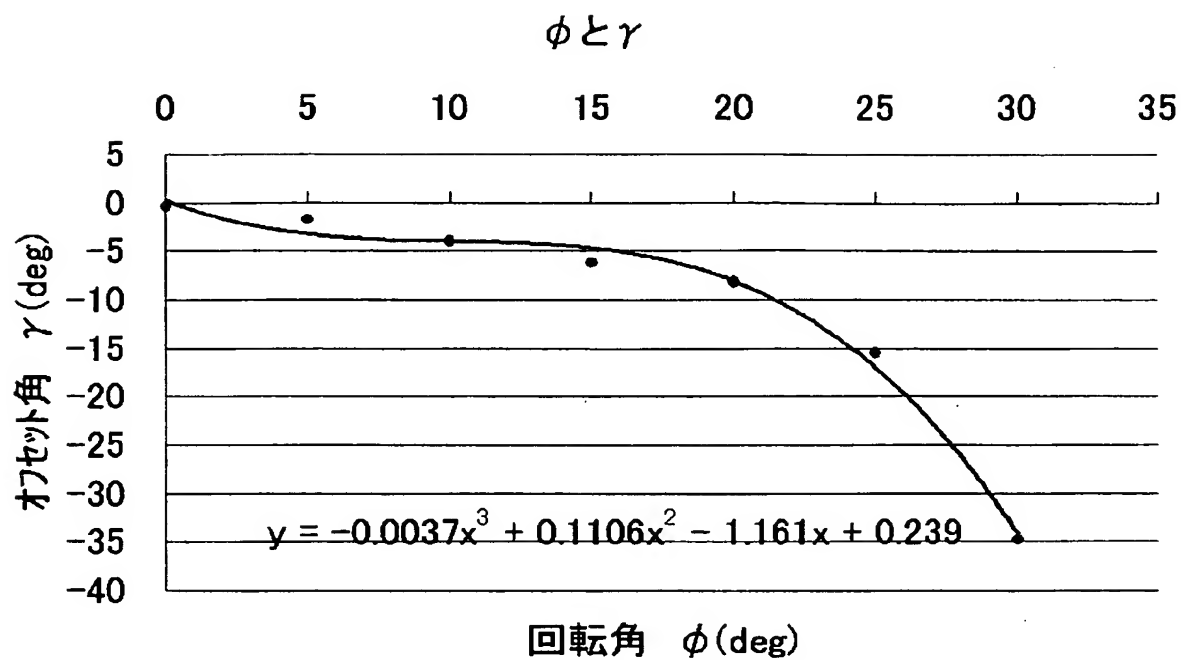
【図 3】



【図 4】

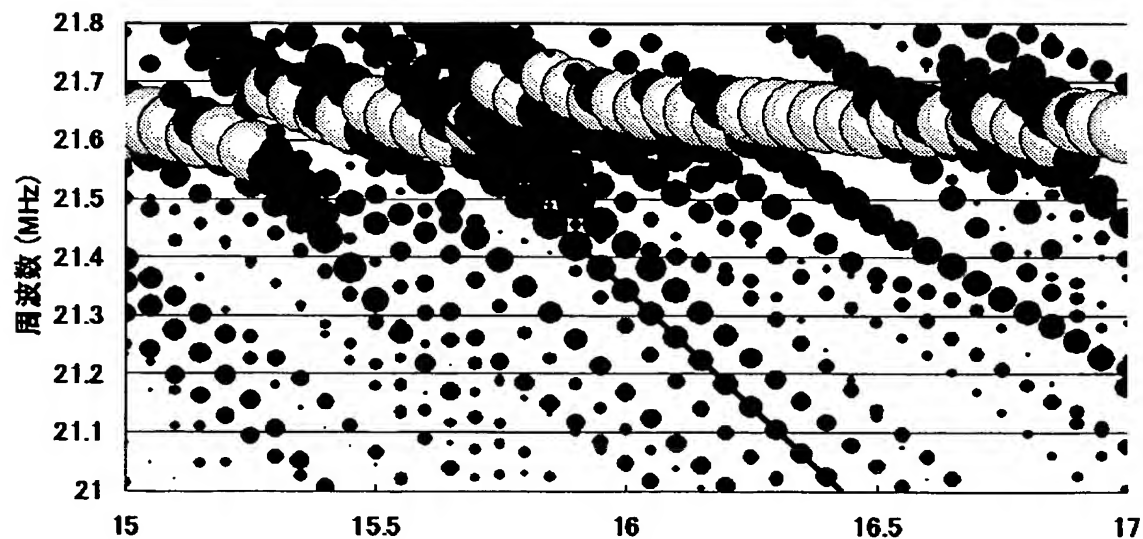


【図 5】



【図 6】

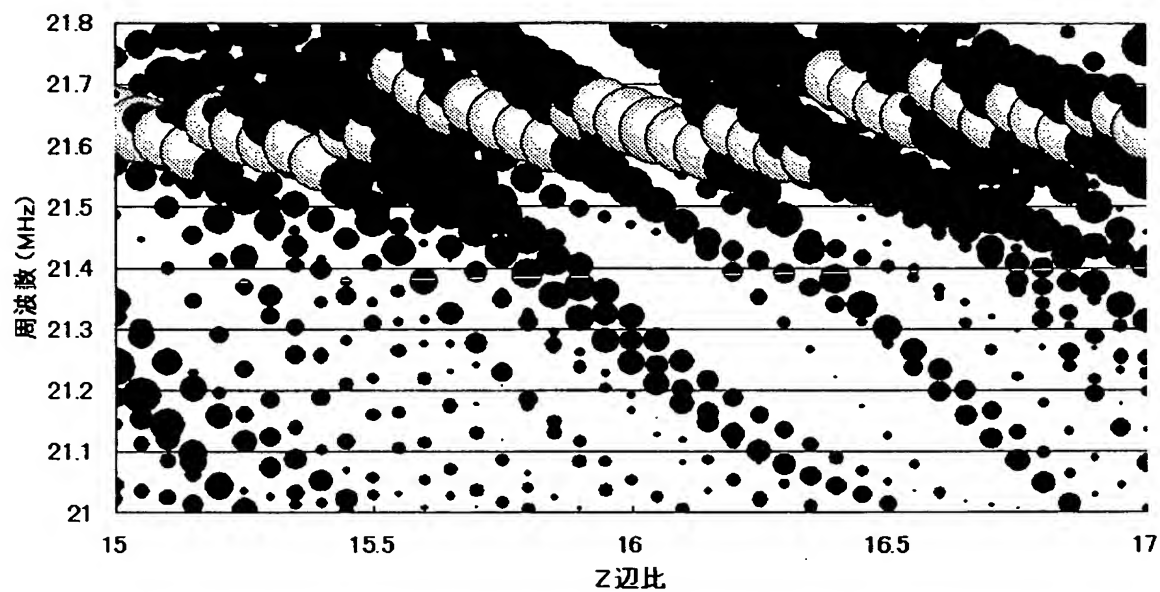
$$\Omega = -8^\circ$$



BEST AVAILABLE COPY

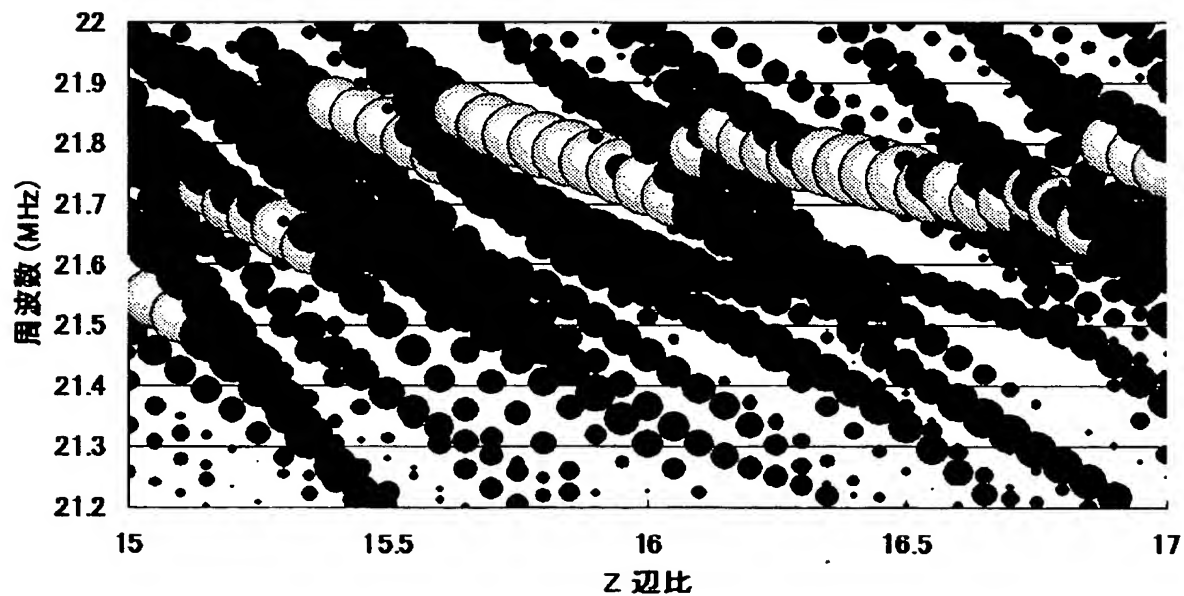
【図 7】

$$\Omega = 0$$

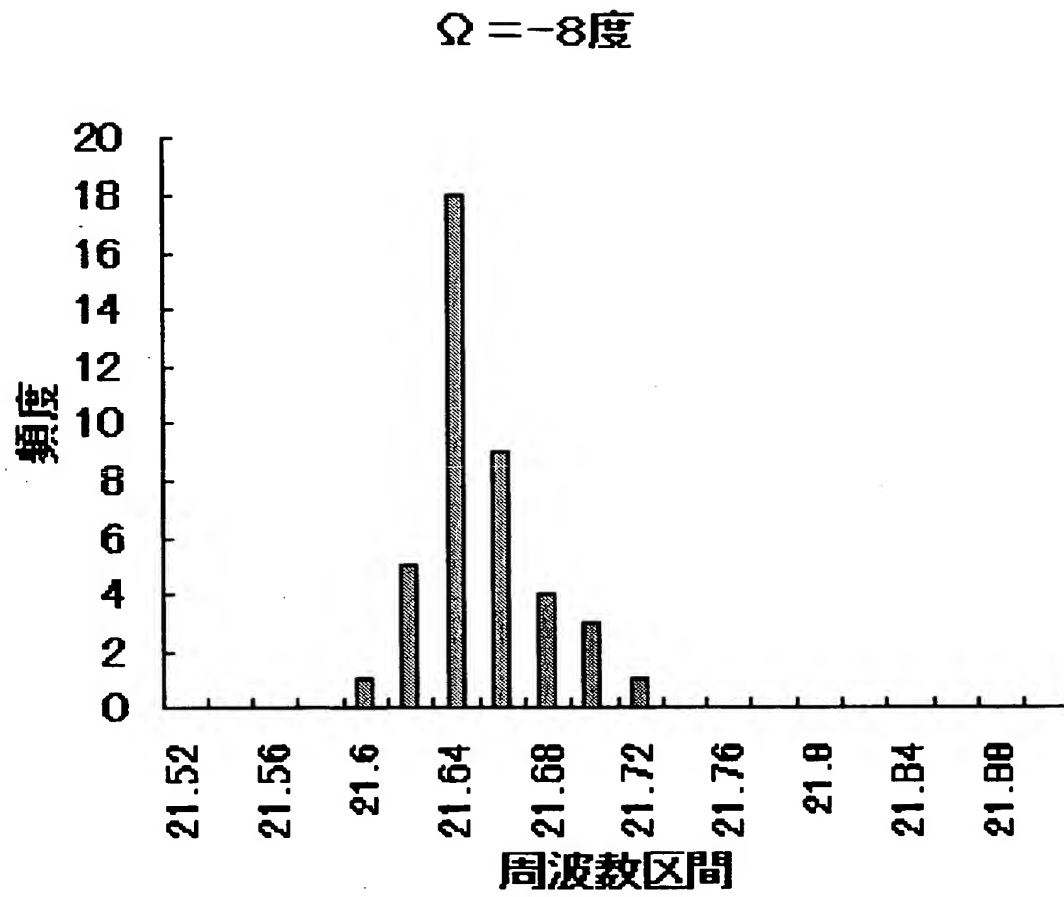


【図 8】

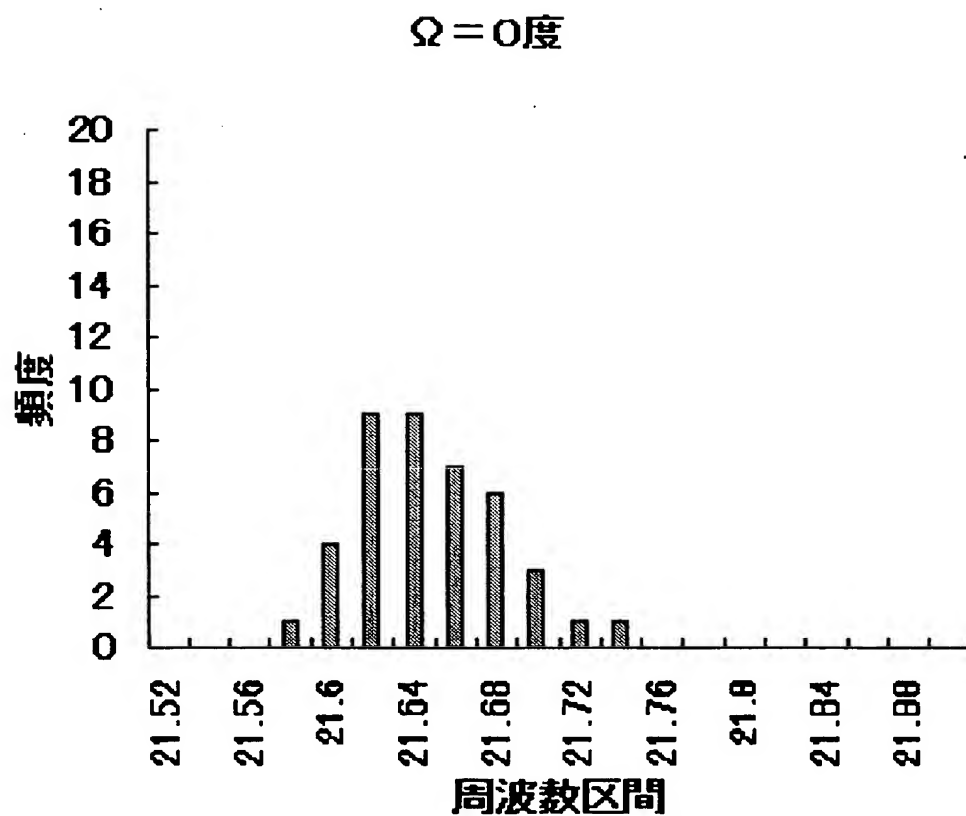
$$\Omega = 8^\circ$$



【図 9】

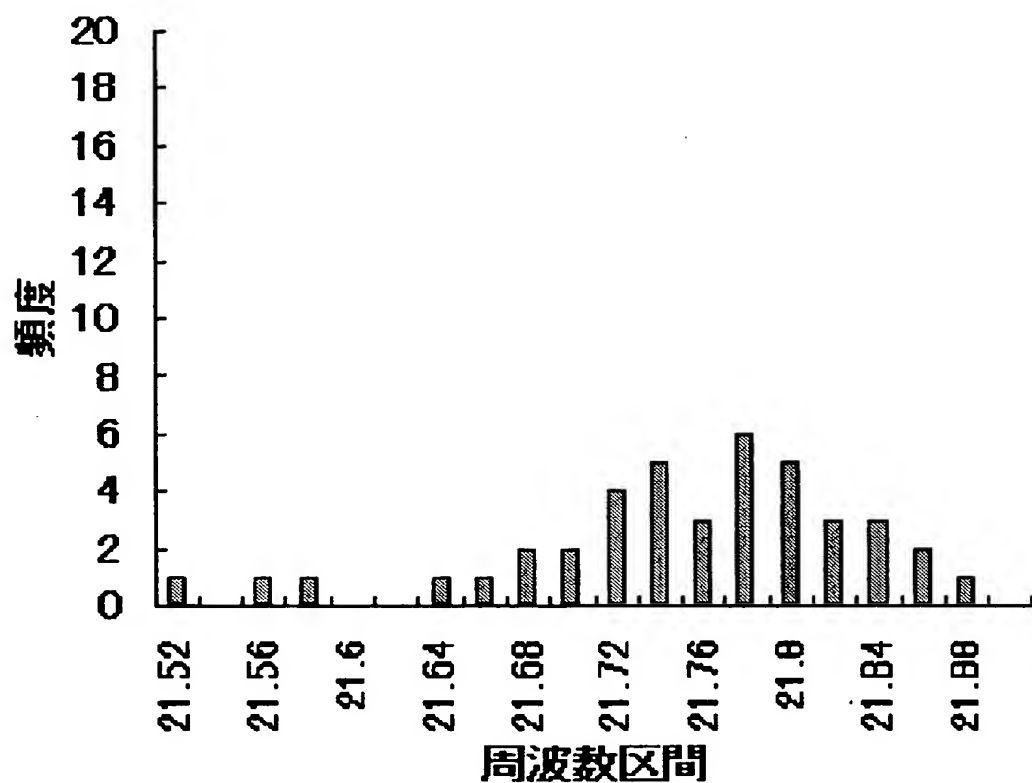


【図 10】

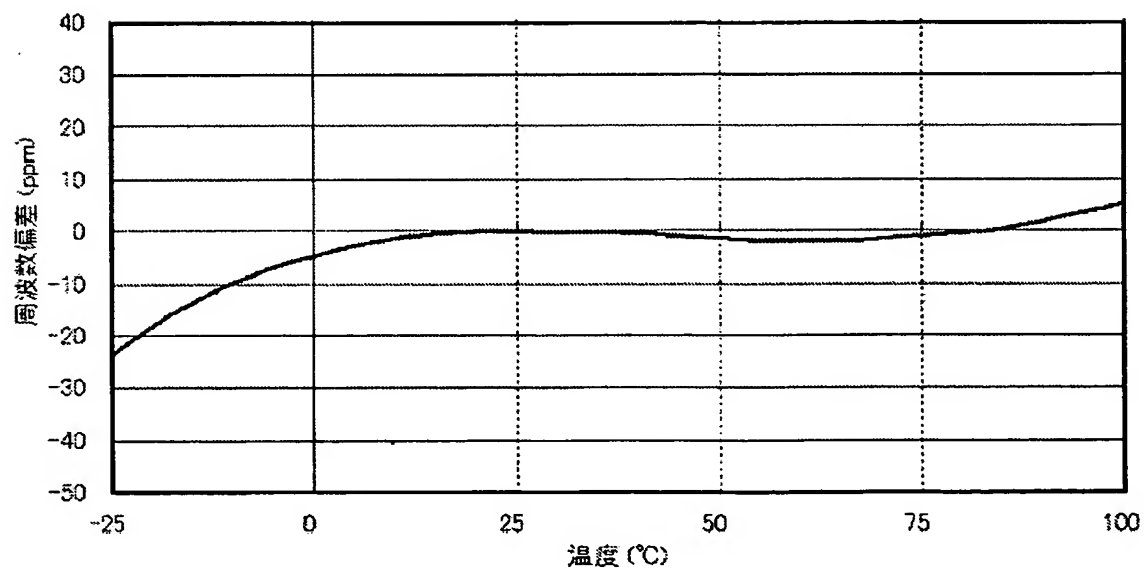


【図 1 1】

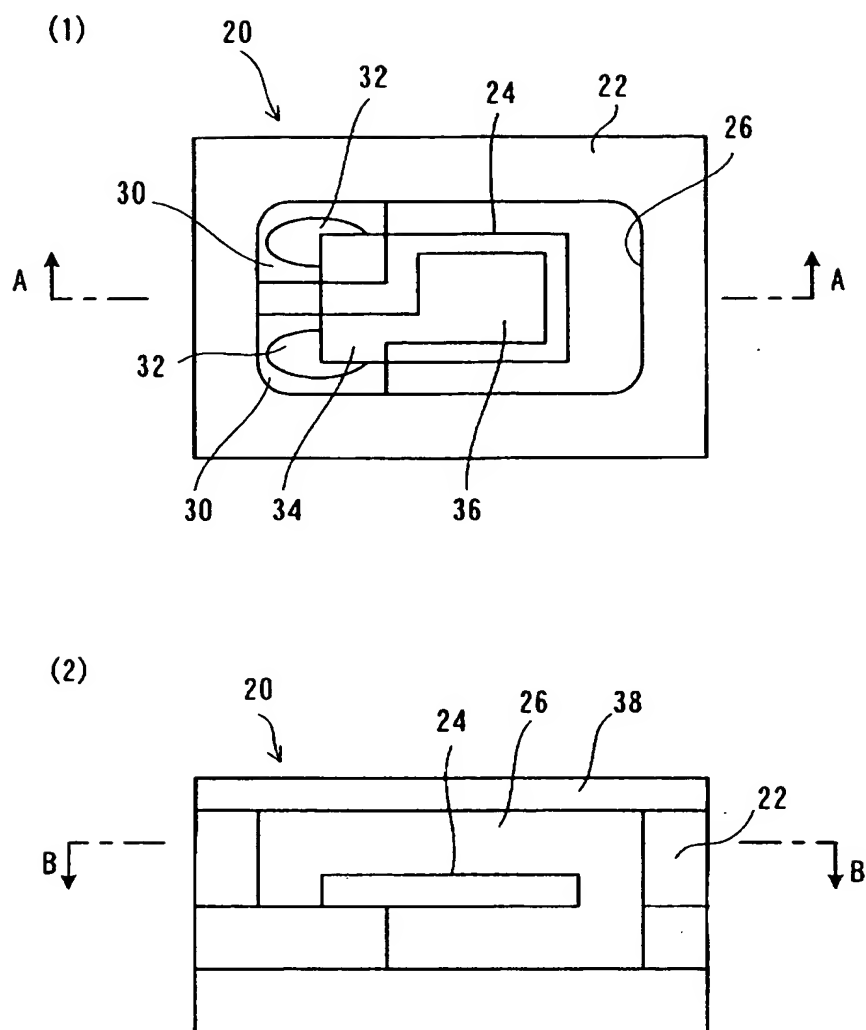
$\Omega = 8$ 度



【図 1 2】



【図 13】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 広い温度範囲にわたって安定した周波数が得られ、且つ、形状の変化に対しても周波数安定となるようにする。

【解決手段】 圧電振動片は、水晶の電気軸を X 軸、機械軸を Y 軸、光学軸を Z 軸とし、Z 軸の回りに時計方向に X 軸を 3 度以上 3 0 度以下回転させて設定した X' 軸に平行な辺を有し、前記 X' 軸の回りに時計方向に前記 Z 軸を 3 3 度以上 3 6 度以下回転させた Z' 軸に平行な辺を有する水晶板からなることを特徴とする圧電振動片において、その厚み方向である Y' 軸の回りに時計方向に一 3 5 度以上一 2 度以下回転させた X'' 軸と Z'' 軸のそれぞれに平行な辺を有する水晶板を用いる。

【選択図】 図 2

特願 2 0 0 3 - 0 7 6 2 4 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 2 3 6 9]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 0 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都新宿区西新宿 2 丁目 4 番 1 号

氏 名

セイコーエプソン株式会社